

バグレポート採取のための C 言語初学者デバッグ支援ツールの開発

日大生産工 (学部)

○松村 恵汰

日大生産工

新井 雅之

1. まえがき

ソフトウェア開発においてバグの早期発見・除去は重要な課題である。バグ分析手法の一つとして、バグ数が記録されたバグレポートによる分析が挙げられる[1]。また、ソフトウェア信頼度成長モデルに基づく手法では、検出されたバグ数の変化量を統計的に処理することによってバグ数やソフトウェア信頼度の推定を行っている[2,3]。初学者が作成するプログラムのバグ分析においては、レポート採取だけでなくデバッグ支援も重要であると考えられる。

本研究では C 言語初学者を対象とし、バグレポート採取のための C 言語初学者デバッグ支援ツールを開発する。バグを含むソースファイルをデバッグ支援ツールに読み込み、動作検証を行った。

2. 関連研究

2-1. ソフトウェアの信頼度評価

ソフトウェアの高信頼性要求に伴い、バグの効率的な発見・除去を目的としたバグ要因の分析が行われている。文献[1]では原型分析と多次元尺度法によるバグ分析を提案している。また、バグ数の減少過程を統計処理することで信頼度評価に用いる、ソフトウェア信頼度成長モデルに基づく研究が行われている[2,3]。文献[2]では複数のソフトウェア信頼度成長モデルを比較し、ソフトウェアの最適リリース期間について検討している。文献[3]では非同次ポアソン過程に基づくモデルによる手法を基礎として、ソフトウェアメトリクスを用いた一般化線形ソフトウェア信頼度成長モデルを提案している。

2-2. バグ・エラーの種類

文献[4]及び[5]では、プログラミング過程で発生するエラーを以下の 4 通りに分類している。

(a) コンパイルエラー

コンパイル時、ソースコードの記述不備により発生する。原因例としてスペルミス、宣言していない変数の使用が挙げられる。

(b) リンクエラー

宣言・使用されている関数が、実際には実装されていない状態でリンクされることにより発生

する。

(c) ランタイムエラー

正常にコンパイルされたプログラムが実行後強制終了されるエラーである。例として、初期化されていない変数を参照した場合が挙げられる。

(d) 論理エラー

プログラム自体は実行されるものの、設計・実装のミス等により意図しない動作・出力が行われるようなエラーである。

3. デバッグ支援ツールの設計

3-1. ツールの動作概要

本研究では C 言語初学者デバッグ支援ツールを開発した。本デバッグ支援ツールは、Visual Studio を用いた開発環境においてビルドイベント機能からプリプロセッサとして実行され、出力ウインドウに検査結果を表示する。ソースファイルを読み込むと、検査項目毎に順にエラー検出を行う。読み込まれたソースコードは 1 行ごとに出力ウインドウに表示される。バグを検出した場合は、検出された行に対して検出位置及び検出内容を表示する。

また、検出と同時にログファイルを生成する。ログファイルにはソースファイル名、検査日時、異常を検出した行及び検出内容、検査項目毎の異常検出総数が記述される。

3-2. 検査項目

設計したデバッグ支援ツールは、以下の 5 項目を検査する。

(1) 全角文字検出

この検査項目は(a)コンパイルエラーに対応する。不適切に使用されている全角文字を検出し、全角文字の混入位置を出力する。

(2) 変数宣言及び初期化検出

この検査項目では未宣言、または初期化されていない変数の使用の検出を行う。未宣言変数の検出は(a)コンパイルエラーに、初期化されていない変数の参照は(c)ランタイムエラーに対応する。

図 1 に検出対象となる記述の例を示す。図 1 では、宣言されていない変数 e と初期化されずに参

Development of Debugging Support Tool for C Language Beginners
Aiming at Bug Report Collection
Keita MATSUMURA and Masayuki ARAI

照されている変数 xyz がエラーの要因となる。

```
int a;  
int b = 1;  
int c, xyz;  
  
a = b + 1;  
e = 2;  
c = a + b;  
b = xyz + 2;
```

図 1. 検出対象となる記述の例

(3) if 文の条件式記述不備検出

“変数 a, b の値が等しいならば,”と記述する際, if (a = b)と記述するのは誤りである。本検査では if 文の記述を検索し“==”のスペルミスだと判断した際, 警告を出力する。この検査項目は(d)論理エラーに対応する。

(4) for 文の条件式記述不備検出

この検査項目は(a)コンパイルエラーに対応する。本検査では, for 文の条件式がセミコロン‘;’で区切られているかを検査する。コロンやカンマによる区切りを検出した場合, 警告を出力する。

(5) scanf におけるアンパサンド ‘&’ 検出

この検査項目は(c)ランタイムエラーに対応している。本検査では, scanf の記述を検索し, 引数が“&変数名”となっていない場合, 記述ミスと判断し警告を出力する。ただし変数が文字列の場合は, 文字列配列であり ‘&’ が必要ないため警告出力対象には含めない。

4. 動作検証

本研究で開発したデバッグ支援ツールを Visual Studio のプリプロセッサとして動作させるように設定した。検証対象プログラムのプロジェクトにおいて, Visual Studio のソリューションエクスプローラーからプロジェクトのプロパティを開き, ビルド前イベントのコマンドラインを指定する。コマンドとして, 「call " (デバッグ支援ツールのパス) "\$\$(ProjectDir)\$(ProjectName).c"」と記述した。\$(ProjectDir)でプロジェクトのディレクトリを, \$(ProjectName)でプロジェクト名を取得している。ソースファイルをビルドすることで, 自動的にデバッグ支援ツールが実行される。

図 1 の記述を含むソースファイルに対してデバッグ支援ツールを実行した。図 2 に出力結果を示す。図 2 より, 変数宣言がなされていない変数 e, 初期化されずに参照されている変数 xyz の検出および警告の出力を確認した。また, 同じソースファイルを Visual Studio でビルドした場合の出力結果を図 3 に示す。Visual Studio では, 変数 e が未宣言であることは検出されるが, 初期化されずに参照されている変数 xyz はエラーとして認識されていないことが分

かる。

```
2: 変数宣言不正検出  
1行目: #include<stdio.h>  
2行目:  
3行目: int main(void) {  
4行目:     int a;  
5行目:     int b = 1;  
6行目:     int c, xyz;  
7行目:  
8行目:     a = b + 1;  
9行目:     e = 2;  
10行目:     c = a + b;  
11行目:     b = xyz + 2;  
↑ 変数が宣言されていません  
↑ 変数が初期化されていません
```

図 2. デバッグ支援ツールの出力結果

```
test.c(7): error C3872: '0x3000': この文字を識別子で使用することはできません  
test.c(8): error C2065: ' ': 定義されていない識別子です。  
test.c(8): error C2146: 構文エラー: ' ' が、識別子 'a' の前に必要です。  
test.c(9): error C2065: 'e': 定義されていない識別子です。
```

図 3. Visual Studio のビルド結果

また図 4 に, 出力されたログファイルの記述を示す。各項目の検出箇所, 検出数が出力され, ソースファイル内 7 行目に全角スペースが混入していることが確認できた。

```
test.c [2018/10/11 Thu 11:03:31]  
1: 全角文字検出  
7行目: 全角文字が含まれています  
検出数: 1  
2: 変数宣言不正検出  
9行目: 変数が宣言されていません  
11行目: 変数が初期化されていません  
検出数: 2
```

図 4. 出力されたログファイルの記述

5. まとめ, 今後の課題

本研究では, C 言語初学者デバッグ支援ツールを開発し, エラーの原因となるバグの検出に成功した。今後はソースファイルのサンプル数を増やし, 検出されたバグ数の変化量からソフトウェア信頼性評価を行う予定である。

参考文献

- [1] 瀧本恵介 他, “原型分析を用いたソフトウェアバグ分析,” 電子情報通信学会技術研究報告, No. DC2016-35, pp. 91-96, 2016 年.
- [2] 山田茂, 尾崎俊治, “ソフトウェア信頼度成長モデルに基づく最適リリース問題,” 数理解析研究所講究録 680 巻, pp.49-60, 1989 年.
- [3] 土肥正, 岡村寛之, “次世代ソフトウェア信頼性評価技術の開発に向けて,” SEC journal 第 40 号, pp.28-35, 2015 年.
- [4] 中村隆一, 学生のための詳解 C, 東京電機大学出版局, 2007 年.
- [5] ウェブリオ株式会社, IT 用語辞典 BINARY, <http://www.sophia-it.com/>